

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

СОВЕТ МЭИ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор МЭИ

_____ Маслов С.И.

«__» _____ 20 г.

Направление подготовки: Энергетика

Квалификация (степень) выпускника: повышение квалификации

Формы обучения: очная

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
««ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В
ЭНЕРГЕТИКЕ»**

»

Цикл:	повышение квалификации
Часть цикла:	повышение квалификации
№ дисциплины по учебному плану	–
Часов (всего) по учебному плану:	64
Трудоемкость в зачетных единицах:	–
Лекции:	40
Практические занятия:	16
Лабораторные работы:	–
Расчетные задания	-
Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего):	8
Экзамены:	экзамен

Москва, 2011

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является обучение слушателей повышения квалификации термодинамическим основам функционирования различных типов парогазовых установок, конструкциям основных элементов ПГУ (ГТУ, котлов-утилизаторов и паротурбинных установок) и основам их эксплуатации.

По завершению освоения данной дисциплины слушатель курсов повышения квалификации способен и готов:

- выполнять термодинамический анализ и оценивать преимущества и недостатки любой ПГУ;
- выполнять анализ конструкций ГТУ, котлов-утилизаторов, и паротурбинной установки ПГУ, оценивать их технический уровень, преимущества и недостатки;
- анализировать любые тепловые схемы ПГУ, понимать и оценивать назначение всего основного и вспомогательного оборудования, используемого в ней;
- выполнять расчет тепловой схемы любой ПГУ, определять ее технико-экономические показатели, оценивать показатели надежности;
- выбирать профиль конденсационной или теплофикационной ПГУ, исходя из требуемых показателей назначения: электрической и тепловой нагрузки заданных параметров и надежности;
- осуществлять выбор ГТУ из номенклатурного каталога отечественных и зарубежных производителей;
- использовать нормативные экономические характеристики ГТУ, котла-утилизатора, паротурбинной установки и всей ПГУ для оптимизации режимов работы и анализа экономических потерь при отклонениях от оптимального режима;
- опираясь на эксплуатационные инструкции осуществлять грамотную эксплуатацию ПГУ.

Задачами изучения дисциплины являются:

- обучить слушателей всестороннему анализу ПГУ различного типа и назначения;
- обучить слушателей грамотно выбирать оборудование ПГУ, исходя из критериев надежности, экономичности и других специфических требований;
- ознакомить слушателей с достигнутым уровнем газотурбостроения, котельной и паротурбинной техники для ПГУ за рубежом и в России;
- ознакомить слушателей с конструкциями основного оборудования ПГУ-ТЭС и ПГУ-ТЭЦ, технологиями изготовления основных элементов и условиями их работы;
- обучить слушателей основам эксплуатации оборудования ПГУ.

2. МЕСТО КУРСА В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс базируется на общетехнических и естественно-научных дисциплинах, изучаемых в рамках базовой части профессионального цикла основной образовательной программы бакалавриата в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО). Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы слушателям курсов повышения квалификации в своей профессиональной деятельности.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающиеся на курсах повышения квалификации должны демонстрировать следующие результаты образования.

Знать:

- термодинамические основы функционирования парогазовых установок, основные источники экономии топлива и принципы их использования;
- типы ПГУ, области их использования, преимущества и недостатки, достигнутый уровень их экономичности и перспективы их развития;
- достигнутый уровень отечественного и зарубежного турбостроения;
- функционирование ПГУ во всей взаимосвязи ГТУ, котлов-утилизаторов, паротурбинной установки и вспомогательного оборудования;
- показатели экономичности и надежности одноконтурных, двухконтурных и трехконтурных ПГУ;
- особенности стационарных и переходных режимов работы основного оборудования и ПГУ в целом, их регулировочный диапазон, критерии безопасной эксплуатации;
- основы технического обслуживания ГТУ, КУ и паротурбинной установки.

Уметь:

- анализировать конструкции ГТУ, котлов-утилизаторов и паровых турбин, используемых в составе ПГУ;
- выбирать оборудование для проектирования ПГУ заданного назначения;
- рассчитывать тепловые схемы одноконтурных, двухконтурных и трехконтурных ПГУ с промежуточным перегревом пара и их технико-экономические показатели;
- пользоваться энергетическими характеристиками для анализа качества эксплуатации ПГУ.

Владеть:

- терминологией и проблематикой в области газотурбинных и парогазовых технологий;
- навыками анализа качества ГТУ по данным каталогов проспектов, тепловых схем ПГУ отечественных и зарубежных производителей;
- навыками разработки и модернизации тепловых схем ПГУ с определением их технико-экономических показателей.

Структура дисциплины

Разработанная программа представляет собой комплекс из четырех блоков, предназначенных для последовательного изучения дисциплины.

Все блоки завершаются обязательной проверкой знаний, которая проводится с помощью контрольных вопросов.

Изучение дисциплины завершается сдачей экзамена.

В первом блоке (А) «**Термодинамические основы теплосиловых циклов парогазовых установок**» излагаются основные сведения о комбинированных, бинарных и парогазовых циклах, особенностях газотурбинного и паротурбинного циклов как составляющих парогазового цикла. Блок предусматривает 2 часа лекционных и 2 часа практических занятий.

Второй блок (Б) дисциплины «**Типы парогазовых установок и их основные характеристики**» включает рассмотрение и критический анализ всех используемых на ТЭС, особенности технологического процесса получения электрической и тепловой энергии на парогазовой электростанции, принципиальные тепловые схемы

утилизационных ПГУ и их расчет. Блок предусматривает 2 часа лекционных и 2 часа практических занятий.

В третьем блоке (В) «**Основное технологическое оборудование ПГУ**» рассматриваются типовые конструкции узлов и деталей газотурбинных двигателей, конструкции современных энергетических газотурбинных двигателей отечественных и зарубежных производителей для утилизационных ПГУ, котлы-утилизаторы для ПГУ, паровые турбины для ПГУ) и компоновки турбоагрегатов утилизационных парогазовых установок в основном корпусе ТЭС. Блок предусматривает 2 часа лекционных и 2 часа практических занятий.

В четвертом блоке (Г) «**Основы эксплуатации парогазовых установок**» освещаются стационарные режимы работы, энергетические характеристики утилизационных ПГУ, техническое обслуживание ПГУ, пусковые и остановочные режимы. Блок предусматривает 2 часа лекционных и 2 часа практических занятий.

Компоновка блоков дисциплины

Блок	Часов
А. Термодинамические основы теплосиловых циклов парогазовых установок	4
Б. Типы парогазовых установок и их основные характеристики	10
В. Основное и вспомогательное технологическое оборудование утилизационных ПГУ. Расчет тепловых схем утилизационных ПГУ	24
Г. Основы эксплуатации парогазовых установок	12
Всего по дисциплине	50

Учебный блок по теме «Термодинамические основы теплосиловых циклов парогазовых установок» (А)

Требования к слушателям

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы термодинамики.

Применение учебного блока

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

Структура блока

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Понятие о комбинированном, бинарном и парогазовом теплосиловом циклах.	4	2	2		
2	Особенности газотурбинного и паротурбинного циклов ПГУ	2	2			
	Контроль знаний слушателей по блоку.	2	0	2	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	Всего	8	4	4	0	

Аннотации лекционных и практических занятий по блоку

«Термодинамические основы теплосиловых циклов парогазовых установок» (А)

А-1. Понятие о комбинированном, бинарном и парогазовом теплосиловых циклах.

Монарный цикл теплосилового устройства и его показатели. Раздельное получение работы от высокотемпературного и низкотемпературного циклов. Комбинированный, бинарный и парогазовый циклы и их экономичность. Степень бинарности и ее физический смысл. Преимущества комбинированных циклов.

А-2. Особенности газотурбинного и паротурбинного циклов ПГУ.

Газотурбинный цикл для автономной установки и парогазового цикла. Требования к ГТУ парогазовой установки. Особенности паротурбинного цикла ПГУ. Соотношение экономичности и мощности для ГТУ и ПГУ.

**Контрольные вопросы по блоку
«Термодинамические основы теплосиловых циклов
парогазовых установок» (А)**

1. Чем отличаются комбинированный, бинарный и парогазовый циклы?
Выведите соотношения для КПД комбинированного цикла
2. Дайте определение парогазовому циклу. Выведите соотношение для КПД парогазового цикла.
3. Сформулируйте преимущества и недостатки парогазовых установок.
4. Изобразите балансовую схему потоков мощности и запишите КПД парогазовой установки.
5. В чем состоят особенности паросилового цикла ПГУ?
6. В чем состоят особенности газотурбинного цикла ПГУ?

**Учебный блок по теме:
«Типы парогазовых установок и их основные характеристики» (Б)**

Требования к слушателям

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы термодинамики, газотурбинных и паротурбинных установок.

Применение учебного блока

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

Структура блока

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Классификация ПГУ по назначению и способу использования теплоты выхлопных газов ГТУ. Теплосиловой цикл простейшей утилизирующей ПГУ и его характеристики. ПГУ с параллельной схемой, ПГУ с дожиганием, ПГУ с котлом-утилизатором и вводом пара в камеру сгорания ГТУ, ПГУ с использованием тепловой энергии выхлопных газов ГТУ в энергетическом котле, ПГУ с использованием тепловой энергии выхлопных газов ГТУ в энергетическом котле, ПГУ с высоконапорным парогенератором, ПГУ с нагревом питательной воды выхлопными газами ГТУ.	10	10	0	0	
3	Контроль знаний слушателей по блоку.	2	0	2	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	Всего	12	10	2	0	

**Аннотации лекционных и практических занятий по блоку
«Типы парогазовых установок и их основные характеристики» (Б)**

Б. Типы парогазовых установок и их основные характеристики.

Экономические показатели, преимущества и недостатки и области использования ПГУ с параллельной схемой, ПГУ с дожиганием, ПГУ с котлом-утилизатором и вводом пара в камеру сгорания ГТУ, ПГУ с использованием тепловой энергии уходящих газов ГТУ в энергетическом котле, ПГУ с использованием тепловой энергии выхлопных газов ГТУ в энергетическом котле, ПГУ с высоконапорным парогенератором, ПГУ с нагревом питательной воды выхлопными газами ГТУ. Использование различных типов ПГУ на конкретных зарубежных и отечественных ПГУ.

Контрольные вопросы

по блоку «Типы парогазовых установок и их основные характеристики» (Б)

1. Изобразите на рисунке классификацию ПГУ.
2. Изобразите схему простейшей утилизационной ПГУ, ее теплосиловой цикл и запишите ее технико-экономические показатели
3. Как происходит превращение теплоты в электроэнергию в утилизационной ПГУ
4. Изобразите принципиальную схему и цикл ПГУ с параллельной схемой. Каковы их преимущества, недостатки и области использования ?
5. Каким образом используют одноконтурную ПГУ с параллельной схемой для замены устаревшего оборудования ТЭЦ с поперечными связями?
6. Изобразите схему и цикл ПГУ с дожиганием. Назовите ее преимущества, недостатки и области использования.
7. Как влияет дожигание в котле утилизаторе на экономичность и надежность ПГУ?
8. Изобразите схема и цикл ПГУ с вводом пара в КС ГТУ. Назовите ее преимущества, недостатки и области использования.
9. Сделайте вывод соотношения для КПД ПГУ с вводом пара в КС. Какие имеются ограничения по вводу пара в ГТУ?
10. Изобразите схему и цикл сбросной ПГУ.
11. Сделайте вывод соотношения для степени бинарности, КПД и соотношения мощностей паросиловой и газотурбинной части сбросной ПГУ. Назовите ее преимущества, недостатки и области использования.
12. Назовите преимущества и недостатки ПГУ с высоконапорным парогенератором.
13. Изобразите схему ПГУ с вытеснением регенерации. Почему она имеет малую экономичность?
14. Назовите преимущества, недостатки и области использования ПГУ с вытеснением регенерации.

Учебный блок по теме

«Основное и вспомогательное технологическое оборудование утилизационных ПГУ. Расчет тепловых схем утилизационных ПГУ» (В)

Требования к слушателям

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы конструирования машин, механики материалов и конструкций, технологии металлов и термодинамики

Применение учебного блока

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

Структура блока

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Технологическая схема получения электроэнергии и тепла на ТЭС с ПГУ.	4	4	0	0	
2	Особенности основного технологического оборудования утилизационных ПГУ. Расчет тепловых схем ПГУ.	24	12	4	8	
3	Вспомогательное оборудование утилизационных ПГУ	4	4	0	0	
4	Контроль знаний слушателей по блоку.	2	0	2	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	Всего	34	20	6	8	

Аннотации лекционных и практических занятий по блоку

«Основное и вспомогательное технологическое оборудование утилизационных ПГУ. Расчет тепловых схем утилизационных ПГУ» (В)

В-1. Технологическая схема получения электроэнергии и тепла на ТЭС с ПГУ.

Классификация утилизационных ПГУ. Общая технологическая схема получения электроэнергии на ТЭС с конденсационной ПГУ. Особенности технологического процесса получения тепловой энергии в теплофикационной ПГУ.

В-2. Основное и вспомогательное технологическое оборудование утилизационных ПГУ. Расчет тепловых схем утилизационных ПГУ.

Особенности ГТУ для утилизационных ПГУ. Котельные установки утилизационных ПГУ. Котлы-утилизаторы для ПГУ. Технические требования к котлам-утилизаторам. Устройство вертикальных и горизонтальных котлов-утилизаторов, их особенности, преимущества, недостатки и области использования. Особенности паротурбинных установок и паровых турбин для ПГУ. Паровые турбины для ПГУ российского (К-110-6,5 ЛМЗ для ПГУ-325, Т-150-7,7 ЛМЗ для ПГУ-450Т) и зарубежного производства (Сименс, Дженерал Электрик, Мицубиси, Альстом). Одновальные, двухвальные и многовальные компоновки турбоагрегатов. Расчет тепловых схем одноконтурных и двухконтурных ПГУ без промежуточного перегрева пара.

В-3. Вспомогательное оборудование утилизационных ПГУ

Снабжение парогазовых установок основным, резервным и аварийным топливом. Пункты подготовки газа и системы снабжения жидким топливом. Дожимные газовые компрессоры. Подготовка циклового воздуха. Устройство КВОУ и его функционирование, ее роль в обеспечении надежности и экономичности утилизационных ПГУ.

Контрольные вопросы по блоку

«Основное и вспомогательное технологическое оборудование утилизационных ПГУ. Расчет тепловых схем утилизационных ПГУ» (В)

1. Изобразите схему типов утилизационных ПГУ, используемых на ТЭС.
2. От каких источников ПГУ-ТЭЦ снабжает теплосеть горячей водой?
3. Что такое «пинч-точки», и каким целям они служат?
4. Какую опасность для котла-утилизатора представляет низкая температура конденсата на его входе? В каких пределах она должна выбираться при расчете тепловой схемы?
5. Из каких соображений выбирается температура пара высокого давления при расчете тепловой схемы?
6. Каковы пути повышения экономичности одноконтурной ПГУ. Приведите примеры использования одноконтурных ПГУ для повышения экономичности работающих ТЭС.
7. Каков порядок расчета тепловой схемы двухконтурной ПГУ?
8. Каковы преимущества использования трехконтурных котлов-утилизаторов?
9. Почему число контуров генерации пара в котлах-утилизаторах не делают больше трех?
10. С какой целью в ПГУ делают промежуточный перегрев пара?
11. Как число контуров генерации пара влияет на экономичность ПГУ?
12. Назовите особенности паровых турбин утилизационных ПГУ.
13. Назовите вспомогательные устройства, установленные в газоходе комплексной воздухо-очистительной установке. Каким целям служит каждое из них?
14. При каких условиях требуется установка дожимных газовых компрессоров?

Учебный блок по теме

«Основы эксплуатации парогазовых установок» (Г)

Требования к слушателям

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы эксплуатации паротурбинных установок

Применение учебного блока

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

Структура блока

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Режимы работы ПГУ. Энергетические характеристики. Стационарные и нестационарные режимы работы ПГУ	16	10	6	0	
2	Контроль знаний слушателей по блоку.	2	0	2	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	Всего	18	10	8	0	

Аннотации лекционных и практических занятий по блоку «Основы эксплуатации парогазовых установок» (Г)

Г. Режимы работы ПГУ. Энергетические характеристики. Стационарные и нестационарные режимы работы ПГУ

Режимы работы ПГУ. Энергетические характеристики ГТУ, котла-утилизатора, паротурбинной установки и ПГУ.

Цели и задачи технического обслуживания ГТУ. Текущее наблюдение за работающей ГТУ. Технические осмотры в режиме ожидания и планово-предупредительные ремонты. Технические ревизии ГТУ с частичным вскрытием и планово-предупредительные ремонты. Глобальные ревизии и капитальные ремонты ГТУ. Планирование межремонтных периодов ГТУ в условиях эксплуатации.

Пуски и остановки утилизационных ПГУ. Классификация пусков ПГУ и основные принципы их проведения. Пусковые схемы утилизационных ПГУ. Пуск ПГУ из холодного, горячего и неостывшего состояний. Остановы ПГУ в резерв и ремонт и их проведение.

**Контрольные вопросы
по блоку «Основы эксплуатации парогазовых установок» (Г)**

1. Изобразите классификацию режимов работы утилизационных ПГУ?
2. Чем отличаются нестационарные режимы работы ПГУ от стационарных?
3. Какой цели служат энергетические характеристики ГТУ, котла-утилизатора, паровой турбины и ПГУ в целом?
4. Какие опасности для ГТУ, котла-утилизатора, паровой турбины и ПГУ в целом возникают при нестационарных режимах работы?
5. Что такое режим частичной нагрузки ПГУ?
6. Назовите примерные регулировочные диапазоны ГТУ, котла-утилизатора, паровой турбины и ПГУ в целом.
7. Какой документ регламентирует проведение всех режимов работы ПГУ?
8. Какие опасности для оборудования ПГУ возникают при ее останове?
9. Чем отличается останов ПГУ в резерв от останова в ремонт?
10. Какова последовательность действий эксплуатационного персонала при аварийных ситуациях на ГТУ, котле-утилизаторе, паровой турбине? Каковы типичные признаки этих ситуаций?
11. Что включают энергетические характеристики ГТУ, котла-утилизатора, паровой турбины и ПГУ в целом?
12. Для чего к основным энергетическим характеристикам вводятся поправки?
13. Назовите цели и задачи технического обслуживания ГТУ.
14. В чем состоит наблюдение за работающей ГТУ?
15. Какие профилактические мероприятия выполняются при технических осмотрах ГТУ в режиме ожидания и при планово-предупредительных ремонтах?
16. С какой примерной периодичностью выполняются технические ревизии ГТУ с частичным вскрытием и планово-предупредительные ремонты?
17. С какой примерной периодичностью выполняются глобальные ревизии и капитальные ремонты ГТУ?
18. Назовите факторы, с учетом которых осуществляется планирование межремонтных периодов ГТУ в условиях эксплуатации.
19. Назовите принципы, по которым классифицируются пуски ПГУ из холодного, неостывшего и горячего состояний.
20. Назовите основные принципы, на которых построено проведение пусков и остановов оборудования ПГУ.
21. Назовите специальное оборудование и регуляторы, входящие в состав пусковых схем утилизационных ПГУ.
22. В чем отличие пусков ПГУ из холодного, горячего и неостывшего состояний?
23. В чем отличие остановов ПГУ в резерв и в ремонт?

ЛИТЕРАТУРА

Учебники

1. Кириллин В.А. Техническая термодинамика: учебник для вузов/ В.А. Кириллин, В.В. Сычов, А.Е. Шейндлин. – 5 изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.
2. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. Под редакцией А.Г. Костюка. - Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.

Учебные пособия

1. Трухний А.Д., Петрунин С.В. Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа. Методическое пособие по курсу «Энергетические установки». – М.: Издательство МЭИ, 2001, - 24 с.
2. Трухний А.Д. Расчет тепловых схем утилизационных парогазовых установок: учебное пособие / А.Д. Трухний, А.А. Романюк. - М: Издательский дом МЭИ. 2006. - 40 с.
3. Трухний А.Д. Расчет тепловых схем утилизационных парогазовых установок: учебное пособие / А.Д. Трухний, Н.С. Паршина, Т.С. Лукьянова. - М: Издательский дом МЭИ. 2010. - 48 с.
4. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов/ С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – 3-е издание. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 580 с.

Декан ФПКПС МЭИ

Автор

Крюков А.П.

Трухний А.Д.